

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :

2 820 928

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national :

01 02082

51) Int Cl⁷ : H 04 N 7/30, H 04 N 7/08

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 15.02.01.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.08.02 Bulletin 02/33.

56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71) Demandeur(s) : CANON KABUSHIKI KAISHA — JP.

72) Inventeur(s) : LE FLOCH HERVE.

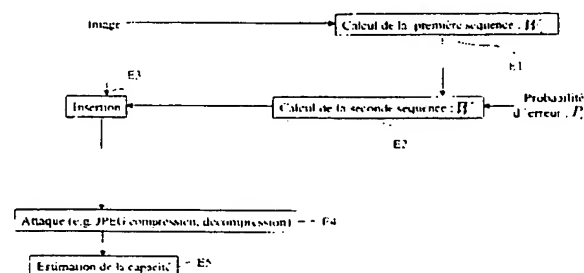
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : RINUÏ SANTARELLI.

54) ESTIMATION DE LA CAPACITÉ D'UN SIGNAL NUMÉRIQUE POUR L'INSERTION D'UN MESSAGE.

57) L'invention concerne un procédé d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :

- calcul (E1) d'une première séquence pseudo-aléatoire (W_w) en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,
- calcul (E2) d'une seconde séquence pseudo-aléatoire (W) en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,
- insertion (E3) de la seconde séquence (W) dans le signal numérique,
- estimation (E5) de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.



FR 2 820 928 - A1

BEST AVAILABLE COPY



5

10 La présente invention concerne de manière générale l'insertion de message tel qu'une marque secrète dans un signal numérique.

Le signal numérique considéré dans la suite sera plus particulièrement un signal d'image numérique.

15 L'insertion de message envisagée dans le cadre de l'invention s'inscrit dans le domaine technique du marquage (watermarking en anglais) des données numériques qui peut s'interpréter comme l'insertion d'un sceau dans les données numériques, permettant par exemple d'authentifier le contenu d'un fichier de données numériques. Ce marquage est également appelé tatouage numérique.

20 Le marquage comporte de manière générale la modification de coefficients représentatifs de l'image numérique. Cette modification est imperceptible à l'œil, mais peut être décodée par un décodeur approprié.

On s'intéresse plus particulièrement à la capacité de l'image numérique, c'est-à-dire le nombre de bits de marquage qu'il est possible d'y
25 insérer. La capacité est déterminée en fonction de l'invisibilité du message et de la robustesse de l'insertion. La robustesse est définie par la possibilité de retrouver le message inséré même après des traitements ultérieurs, tels que compression et décompression par exemple.

Pour estimer la capacité d'une image, la demande de brevet français
30 n° 99 04462 déposée par la demanderesse propose un procédé selon lequel un message est inséré dans une image. Une attaque, telle qu'une compression suivie d'une décompression, est ensuite effectuée. On fait ensuite, de manière

réursive, des hypothèses sur la capacité. A chaque hypothèse correspond une découpe en arbre quaternaire de l'image. Pour chaque feuille de l'arbre quaternaire, une mesure de corrélation est comparée à un seuil prédéterminé.

Le nombre de feuilles pour lesquelles la mesure de corrélation
5 dépasse le seuil donne la capacité de l'image.

Après estimation de la capacité, un message est inséré dans l'image, selon la décomposition en arbre quaternaire correspondant à la capacité.

Pour extraire ultérieurement le message, il faut répéter les mesures de corrélation. Il est donc nécessaire de connaître le seuil utilisé.

10 L'article « Capacity of the Watermark-channel : How many bits can be hidden within a digital image ? » paru dans Proceeding of SPIE vol. 3657, Security and watermarking of multimedia content, Electronic imaging '99, San Jose, CA, janvier 1999, propose une méthode théorique d'estimation de la capacité d'une image.

15 Cette méthode donne de bons résultats, à condition que le modèle théorique de l'image soit fiable. En outre, si l'on souhaite prendre en compte une attaque sur cette image, il est alors nécessaire de modéliser cette attaque. Ce type de modèle est très complexe à mettre en œuvre.

20 La présente invention vise à remédier aux inconvénients de la technique antérieure, en fournissant un procédé et un dispositif d'estimation de capacité d'un signal numérique qui permettent d'obtenir cette estimation plus simplement que selon la technique antérieure.

25 A cette fin, l'invention propose un procédé d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :

- calcul d'une première séquence pseudo-aléatoire en fonction d'un
30 critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,

- calcul d'une seconde séquence pseudo-aléatoire en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,

- insertion de la seconde séquence dans le signal numérique,

- estimation de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.

L'invention concerne aussi un procédé d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :

- calcul d'une première séquence pseudo-aléatoire en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,

- calcul d'une seconde séquence pseudo-aléatoire en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,

- insertion de la seconde séquence dans le signal numérique,

- application d'une distorsion sur le signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée,

- estimation de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.

Corrélativement, l'invention propose un dispositif d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens de calcul d'une première séquence pseudo-aléatoire en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,

- des moyens de calcul d'une seconde séquence pseudo-aléatoire en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,

- des moyens d'insertion de la seconde séquence dans le signal numérique,

- des moyens d'estimation de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.

L'invention concerne encore un dispositif d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - des moyens de calcul d'une première séquence pseudo-aléatoire en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,
- des moyens de calcul d'une seconde séquence pseudo-aléatoire en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,
- 10 - des moyens d'insertion de la seconde séquence dans le signal numérique,
- des moyens d'application d'une distorsion sur le signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée,
- des moyens d'estimation de la capacité du signal numérique dans
- 15 lequel la seconde séquence a été insérée.

Grâce à l'invention, il est possible d'estimer la capacité d'un signal numérique de manière plus simple que selon la technique antérieure.

20 Selon une caractéristique préférée, le critère sur une mesure de corrélation est que la valeur de la corrélation de la première séquence avec les données représentatives du signal est négative et de valeur absolue la plus grande possible. Alternativement, ce critère est que la valeur de la corrélation de la première séquence avec les données représentatives du signal est positive et de valeur absolue la plus grande possible.

25 La première séquence est ainsi la plus mauvaise ou alternativement la meilleure séquence en fonction d'un critère sur sa corrélation avec le signal.

 Selon une caractéristique préférée, le calcul de la première séquence comporte, pour chaque coefficient de la première séquence, les étapes de :

- 30 - comparaison de la valeur d'un coefficient représentatif du signal numérique avec une valeur de comparaison,

- détermination de la valeur binaire du coefficient de la première séquence en fonction du résultat de la comparaison.

Ainsi, la première séquence est déterminée à partir de calculs simples.

- 5 Selon une caractéristique préférée, pour chaque coefficient représentatif du signal numérique, la valeur de comparaison est une moyenne calculée sur une région contenant ledit coefficient.

10 Selon une caractéristique préférée, au moins une partie du signal est filtrée par un filtrage passe-haut préalablement au calcul de la première séquence.

Ce filtrage est analogue à un filtrage qui peut être utilisé lors de l'extraction ultérieure d'un message dans le but d'améliorer la détection du message.

- 15 Selon une caractéristique préférée, le calcul de la seconde séquence comporte les étapes de :

- détermination d'un nombre de coefficients à inverser dans la première séquence, en fonction de la probabilité d'erreur,

- 20 - inversion du nombre précédemment déterminé de coefficients de la première séquence pour former la seconde séquence.

La seconde séquence est ainsi déterminée à partir de calculs simples et rapides à mettre en œuvre.

Selon une caractéristique préférée, l'estimation de capacité comporte les étapes de :

- 25 - calcul d'une mesure de corrélation entre la seconde séquence et le signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée selon une loi d'insertion prédéterminée,

- 30 - détermination de la longueur maximale d'un message correspondant à une détection correcte de ce message, inséré dans le signal numérique par modulation de la seconde séquence et selon la loi d'insertion prédéterminée, en fonction d'un critère sur la corrélation.

Ces calculs permettent d'obtenir rapidement la capacité du signal numérique.

Selon une caractéristique préférée, le critère sur la corrélation est qu'elle correspond à une détection correcte d'une proportion prédéterminée des coefficients du message inséré.

Ce critère permet de régler un niveau de fiabilité souhaité de détection.

Selon une caractéristique préférée, les étapes de l'estimation de capacité sont réitérées depuis une capacité maximale jusqu'à une capacité estimée. Alternativement, les étapes de l'estimation de capacité sont réitérées depuis une capacité maximale jusqu'à une capacité estimée, et en ce que la capacité maximale est modifiée jusqu'à convergence entre la capacité maximale et la capacité estimée.

Selon cette variante, l'estimation de capacité est plus fine.

Le dispositif selon l'invention comporte des moyens de mise en œuvre des caractéristiques précédentes et présente des avantages analogues.

L'invention concerne aussi un appareil numérique incluant le dispositif selon l'invention, ou des moyens de mise en œuvre du procédé selon l'invention. Cet appareil numérique est par exemple un appareil photographique numérique, un caméscope numérique ou un scanner. Les avantages du dispositif et de l'appareil numérique sont identiques à ceux précédemment exposés.

L'invention peut être mise en œuvre par un programme d'ordinateur.

Un moyen de stockage d'information, lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur, intégré ou non au dispositif, éventuellement amovible, mémorise le programme mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

Les caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture d'un mode préféré de réalisation illustré par les dessins ci-joints, dans lesquels :

- la figure 1 représente un mode de réalisation de dispositif d'estimation de capacité selon l'invention,

- la figure 2 représente un mode de réalisation de dispositif selon l'invention,

5 - la figure 3 est un mode de réalisation d'insertion de message dans des données,

- la figure 4 représente une image numérique segmentée dans laquelle des bits d'un message sont à insérer,

10 - la figure 5 représente un mode de réalisation de procédé d'estimation de capacité selon l'invention,

- la figure 6 est un mode de réalisation de calcul de première séquence, inclus dans le procédé de la figure 5,

- la figure 7 est un mode de réalisation de calcul de seconde séquence, inclus dans le procédé de la figure 5,

15 - la figure 8 est un premier mode de réalisation d'estimation de capacité, inclus dans le procédé de la figure 5,

- la figure 9 est un second mode de réalisation d'estimation de capacité, inclus dans le procédé de la figure 5.

20 Selon le mode de réalisation choisi et représenté à la **figure 1**, un dispositif d'estimation de capacité d'un signal numérique comporte une mémoire 1 adapté à mémoriser le signal numérique dont on veut estimer la capacité. Le signal numérique considéré est plus particulièrement une image numérique IM.

25 La mémoire 1 est reliée à un circuit 2 de calcul de première séquence pseudo-aléatoire W_w .

Le circuit 2 est relié à un circuit 3 de calcul de seconde séquence pseudo-aléatoire W . La seconde séquence pseudo-aléatoire est calculée en fonction de la première séquence et d'une probabilité d'erreur P_e définie par un
30 utilisateur.

Le circuit 3 est relié à un circuit 4 d'insertion de la seconde séquence W dans l'image considérée.

Le circuit 4 est relié à un circuit 5 d'attaque qui effectue un traitement sur l'image fournie par le circuit 4. L'attaque est par exemple une compression suivie d'une décompression de l'image. Il est à noter que l'attaque est facultative.

- 5 Le circuit 5 est relié à un circuit 6 d'estimation de capacité de l'image. Le fonctionnement du dispositif selon l'invention sera détaillé dans la suite.

- Comme représenté à la **figure 2**, un dispositif mettant en œuvre
10 l'invention est par exemple un micro-ordinateur 10 connecté à différents périphériques, par exemple une caméra numérique 107 (ou un scanner, ou tout moyen d'acquisition ou de stockage d'image) reliée à une carte graphique et fournissant des informations à traiter selon l'invention.

- Le dispositif 10 comporte une interface de communication 112 reliée
15 à un réseau 113 apte à transmettre des données numériques à traiter ou inversement à transmettre des données traitées par le dispositif. Le dispositif 10 comporte également un moyen de stockage 108 tel que par exemple un disque dur. Il comporte aussi un lecteur 109 de disque 110. Ce disque 110 peut être une disquette, un CD-ROM, ou un DVD-ROM, par exemple. Le disque 110
20 comme le disque 108 peuvent contenir des données traitées selon l'invention ainsi que le ou les programmes mettant en œuvre l'invention qui, une fois lu par le dispositif 10, sera stocké dans le disque dur 108. Selon une variante, le programme permettant au dispositif de mettre en œuvre l'invention, pourra être stocké en mémoire morte 102 (appelée ROM sur le dessin). En seconde
25 variante, le programme pourra être reçu pour être stocké de façon identique à celle décrite précédemment par l'intermédiaire du réseau de communication 113.

Le dispositif 10 est relié à un microphone 111. Les données à traiter selon l'invention seront dans ce cas du signal audio.

- 30 Ce même dispositif possède un écran 104 permettant de visualiser les données à traiter ou de servir d'interface avec l'utilisateur qui peut ainsi

paramétrer certains modes de traitement, à l'aide du clavier 114 ou de tout autre moyen (souris par exemple).

L'unité centrale 100 (appelée CPU sur le dessin) exécute les instructions relatives à la mise en œuvre de l'invention, instructions stockées dans la mémoire morte 102 ou dans les autres éléments de stockage. Lors de la mise sous tension, les programmes de traitement stockés dans une mémoire non volatile, par exemple la ROM 102, sont transférés dans la mémoire vive RAM 103 qui contiendra alors le code exécutable de l'invention ainsi que des registres pour mémoriser les variables nécessaires à la mise en œuvre de l'invention.

De manière plus générale, un moyen de stockage d'information, lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur, intégré ou non au dispositif, éventuellement amovible, mémorise un programme mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

Le bus de communication 101 permet la communication entre les différents éléments inclus dans le micro-ordinateur 10 ou reliés à lui. La représentation du bus 101 n'est pas limitative et notamment l'unité centrale 100 est susceptible de communiquer des instructions à tout élément du micro-ordinateur 10 directement ou par l'intermédiaire d'un autre élément du micro-ordinateur 10.

Le fonctionnement du dispositif selon l'invention va maintenant être décrit au moyen d'algorithmes.

L'insertion d'un message dans l'image est détaillée en référence à la figure 3 sous la forme d'un algorithme comportant des étapes E100 à E112.

Il est à noter que la capacité de l'image dépend de l'algorithme d'insertion utilisé. Par conséquent, l'estimation de capacité dépend également de l'algorithme d'insertion.

Cependant, grâce à l'invention, la capacité et son estimation sont indépendantes des paramètres d'insertion, qui sont ici la séquence pseudo-aléatoire et le message. Ainsi, il ne sera pas nécessaire de recalculer la capacité pour chaque séquence pseudo-aléatoire utilisée et pour chaque

message à insérer. Il est à noter que les séquences pseudo-aléatoires utilisées pour l'insertion n'ont pas de lien avec les séquences utilisées lors de l'estimation de capacité.

L'étape E100 est la segmentation des données en régions, par exemple en blocs adjacents. Le nombre et/ou la taille des régions peuvent être prédéterminés ou réglables par un utilisateur. Un exemple de segmentation est donné à la figure 4.

De manière générale, le message M à insérer comporte L symboles, où L est un entier. Chaque symbole M_i , avec l'entier i variant de 1 à L est associé à au moins une région à l'étape suivante E101. Une région donnée est associée à un unique symbole à insérer. Pour l'association des symboles aux régions, ces dernières sont parcourues selon un ordre prédéterminé.

Par exemple, la **figure 4** représente une image qui a été découpée en huit régions rectangulaires R_1 à R_8 dans le cadre de l'invention.

Un message à insérer comporte trois symboles b_0 , b_1 et b_2 . A chaque région est attribué un symbole de message.

En référence à nouveau à la figure 3, l'étape suivante E102 est une initialisation pour considérer le premier symbole M_1 à insérer, ainsi que la première région dans laquelle ce symbole est à insérer.

A l'étape suivante E103 une variable C1 représentant le rang du symbole courant est mise à la valeur 1 et une variable C2 est mise à la valeur 0. La variable C2 représente le nombre de fois où le symbole courant a déjà été inséré. Les variables C1 et C2 sont liées à la longueur du message M.

L'étape suivante E104 est la génération d'une clé K en fonction d'une clé initiale K_{init} et des variables C1 et C2. Par exemple,

$$K = K_{init} + N.C2 + C1$$

Où N est un entier valant $L_{max} + 1$ et où L_{max} est la valeur maximale que peut prendre la longueur du message.

Selon un second exemple, :

$$K = K_{init} + C2.$$

L'étape suivante E105 est la génération d'une séquence pseudo-aléatoire en fonction de la clé K précédemment générée.

L'étape suivante E106 est la modulation du symbole M_i par la séquence pseudo-aléatoire précédemment générée, ce qui a pour résultat une seconde séquence pseudo-aléatoire.

5 L'étape suivante E107 est une pondération psycho-visuelle de la seconde séquence pseudo-aléatoire pour assurer son invisibilité dans l'image.

La séquence pseudo-aléatoire ainsi modifiée est alors additionnée à la région courante à l'étape suivante E108.

10 L'étape suivante E109 est un test pour déterminer si la région courante est la dernière pour le symbole courant. Si la réponse est négative, cela signifie qu'il reste au moins une région dans laquelle le symbole courant doit être inséré. L'étape E109 est alors suivie de l'étape E110. A l'étape E110, est considérée la région suivante dans laquelle le symbole M_i est à insérer, et la variable C2 est incrémentée de une unité.

L'étape E110 est suivie de l'étape E104 précédemment décrite.

15 Lorsque la réponse est positive à l'étape E109, cela signifie que le symbole courant a été inséré dans toutes les régions qui lui sont associées.

L'étape E109 est alors suivie de l'étape E111 qui est un test pour déterminer si le symbole courant est le dernier symbole à insérer. Si la réponse est négative, cela signifie qu'il reste au moins un symbole à insérer, et cette
20 étape est suivie de l'étape E112 à laquelle le paramètre i est incrémenté de une unité pour considérer le symbole suivant M_{i+1} et la première région qui lui est associée.

L'étape E112 est suivie de l'étape E103 précédemment décrite.

25 Lorsque la réponse est positive à l'étape E111, cela signifie que tous les symboles ont été insérés dans l'image.

Il est à noter que l'insertion qui a été décrite est réalisée sur les pixels d'une image. Il est cependant possible de transformer préalablement cette image, par une transformation réversible. Cette transformation est par exemple une transformation en ondelettes de l'image ou encore une
30 transformation en cosinus discrète, dite DCT, par blocs. La transformation réalise une décomposition de l'image numérique, et fournit un ensemble de coefficients. Si cette transformation est une transformation en ondelettes, ces

coefficients portent une information spatio-temporelle. Si cette transformation est une transformation DCT par blocs, les coefficients sont des coefficients spectraux.

- 5 L'algorithme de la **figure 5** représente le fonctionnement général du dispositif d'estimation de capacité selon l'invention et comporte des étapes E1 à E5.

Cet algorithme peut être mémorisé en totalité ou en partie dans tout moyen de stockage d'information capable de coopérer avec le microprocesseur.

- 10 Ce moyen de stockage est lisible par un ordinateur ou par un microprocesseur. Ce moyen de stockage est intégré ou non au dispositif, et peut être amovible. Par exemple, il peut comporter une bande magnétique, une disquette ou un CD-ROM (disque compact à mémoire figée).

- 15 Le procédé vise à estimer la capacité d'un signal numérique, ici une image numérique, en fonction d'une distorsion donnée et d'une probabilité d'erreur donnée.

- Par distorsion, on considère ici deux types de distorsion. Le premier type est provoqué par l'image elle-même, qui peut être considérée comme un bruit par rapport au message qui y est inséré, qui constitue un signal utile.
- 20 L'énergie du message étant beaucoup plus faible que celle de l'image, cela influe sur la capacité de l'image lorsqu'on veut assurer la bonne détection du message inséré.

- Le second type de distorsion est dû à une attaque effectuée après insertion du message dans l'image, par exemple une compression avec perte.
- 25 Ce type de traitement entraîne une dégradation de l'image et par conséquent du message inséré dans celle-ci.

La probabilité d'erreur est la probabilité de ne pas extraire correctement un message dont la taille est égale à la capacité et qui a été inséré dans l'image numérique.

- 30 L'étape E1 est le calcul d'une première séquence binaire pseudo-aléatoire à partir d'une image. La première séquence peut être soit la plus mauvaise séquence W_w , soit la meilleure séquence. On considèrera plus

particulièrement le premier cas. Le calcul de cette séquence sera explicité dans la suite.

L'étape suivante E2 est le calcul d'une seconde séquence pseudo-aléatoire W , à partir de la première séquence et d'une probabilité d'erreur P_e .

- 5 La séquence W a la même taille que l'image d'origine. La séquence W peut être considérée comme le résultat de la modulation de cette séquence avec un message de taille quelconque dont tous les bits valent un. L'étape E2 sera détaillée dans la suite.

- 10 L'étape suivante E3 est l'insertion de la seconde séquence W dans l'image. Pour cela, la séquence W est pondérée pour assurer son invisibilité puis chacun de ses coefficients est additionné à l'un des pixels de l'image. Il est à noter qu'à une région de l'image correspond une région de la séquence W .

- 15 L'étape suivante E4 est une attaque de l'image dans laquelle la séquence W a été insérée. L'attaque est par exemple une compression de type JPEG (d'après l'anglais Joint Photographic Expert Group) suivie d'une décompression.

- 20 L'attaque est une simulation des éventuels traitements qui peuvent être effectués sur l'image. Ainsi, les dégradations apportées par ces traitements sont prises en compte dans l'estimation de la capacité. Plus les dégradations sont importantes, par exemple plus le taux de compression est grand, plus la capacité sera faible.

Bien entendu, il est possible de ne pas effectuer d'attaque.

L'étape suivante E5 est une estimation de la capacité de l'image. Cette étape sera détaillée dans la suite.

25

L'étape E1 de calcul de la première séquence pseudo aléatoire est détaillée à la **figure 6** sous la forme d'un algorithme comportant des étapes E10 à E18.

- 30 Cet algorithme calcule la plus mauvaise séquence. Une mauvaise séquence est une séquence qui, lorsqu'elle est insérée dans l'image comme à l'étape E3, conduit obligatoirement à un résultat erroné lors de son extraction. Ce résultat erroné est constaté par une mesure de corrélation entre la

séquence insérée et l'image. La plus mauvaise séquence est celle dont la mesure de corrélation fournit une valeur négative avec la plus grande valeur absolue.

Il est à noter que l'image peut ici avoir été préalablement traitée. Ce pré-traitement est par exemple un filtrage passe-haut, qui consiste à soustraire de chaque pixel la moyenne de la région à laquelle il appartient. Le pré-traitement est appliqué sur les zones de l'image dites non-centrées, c'est-à-dire dont les valeurs des pixels ne sont pas centrées sur zéro.

Si l'insertion est effectuée dans le domaine spatial (image non transformée), alors le pré-traitement est réalisé sur toute l'image. Si l'insertion est effectuée sur une image transformée par transformation en ondelettes, alors le pré-traitement est effectué sur la sous-bande de basse fréquence.

Ce pré-traitement est dû au fait que l'image peut être pré-traitée par un filtrage passe-haut lors de l'extraction ultérieure de message, de manière à améliorer la détection du message.

En variante, on peut utiliser la meilleure séquence, qui est celle dont la mesure de corrélation fournit une valeur positive avec la plus grande valeur absolue. La meilleure séquence a tous ses coefficients qui sont inversés par rapport à la plus mauvaise séquence.

L'étape E10 est la segmentation en régions de l'image. Les régions sont celles qui sont utilisées pour l'insertion telle que précédemment décrite.

L'étape suivante E11 est la sélection d'une région de l'image. Les régions vont être considérées successivement.

L'étape suivante E12 est le calcul de la moyenne des pixels de la région courante.

L'étape suivante E13 est la sélection d'un pixel p_n de la région, où n est un entier variant entre 1 et le nombre total de pixels de la région. Tous les pixels de la région courante seront considérés successivement.

L'étape suivante E14 est une comparaison de la valeur du pixel courant p_n avec la moyenne déterminée à l'étape E12, ou en variante avec zéro si la moyenne est considérée comme nulle.

Si la valeur du pixel courant est supérieure à la moyenne, alors l'étape E14 est suivie de l'étape E15 à laquelle la valeur du coefficient w_n de la plus mauvaise séquence correspondant à ce bit est -1 .

- Si la valeur du pixel courant est inférieure à la moyenne, alors l'étape
- 5 E14 est suivie de l'étape E16 à laquelle la valeur du coefficient w_n de la plus mauvaise séquence correspondant à ce bit est $+1$.

L'étape E15 ou E16 est suivie de l'étape E17 qui est un test pour déterminer s'il reste au moins un pixel à traiter, et, dans l'affirmative, pour considérer un pixel suivant. L'étape E17 est alors suivie de l'étape E14

10 précédemment décrite.

Lorsque tous les pixels de la région courante ont été traités, alors l'étape E17 est suivie de l'étape E18 qui est un test pour déterminer s'il reste au moins une région à traiter, et, dans l'affirmative, pour considérer une région suivante. L'étape E18 est alors suivie de l'étape E12 précédemment décrite.

- 15 Lorsque toutes les régions ont été traitées, la plus mauvaise séquence est entièrement déterminée.

L'étape E2 de calcul de la seconde séquence W est maintenant détaillée en référence à la **figure 7**, sous la forme d'un algorithme comportant

20 des étapes E20 à E25. La seconde séquence est celle qui est utilisée pour estimer la capacité de l'image. La seconde séquence est déterminée à partir de la première séquence et de la probabilité d'erreur P_e définie par l'utilisateur.

L'étape E20 est le calcul de la probabilité de décision correcte lors de l'extraction du message. Cette probabilité P_c est égale à : $1 - P_e$. Elle est aussi

25 égale au produit : $P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_{C_{\max}}$, où C_{\max} est un nombre maximum de bits du message, dit capacité maximale, et P_i est la probabilité de détection correcte d'un bit b_i , avec i compris entre 1 et C_{\max} .

L'étape suivante E21 est le calcul de la probabilité de détection correcte d'un bit. Comme on suppose que la probabilité d'erreur sur les

30 différents bits du message est la même, la probabilité de détection correcte d'un bit est égale à :

$$P_i = C_{\max} \sqrt{1 - P_e}$$

L'étape suivante E22 est la détermination d'un nombre X_b de coefficients de la plus mauvaise séquence W_w qu'il faut inverser pour un bit. Le nombre X_b est déterminé de sorte que la probabilité qu'une séquence pseudo-aléatoire quelconque soit meilleure que la séquence en cours de création W soit égale à P_i .

Le nombre X_b est la valeur qui vérifie au mieux la formule suivante :

$$\frac{\sum_{m=X_b}^{N_b} C_{N_b}^m}{2^{N_b}} = C_{\max} \sqrt{1 - P_e}$$

Dans laquelle 2^{N_b} représente le nombre total de séquences pseudo-aléatoires binaires possible, $C_{N_b}^m$ représente le nombre de séquences dans lesquelles m coefficients ont été inversés à partir de la séquence W_w sur un support de N_b coefficients.

L'étape E23 détermine le nombre de régions associées à un bit, en fonction de la capacité maximale C_{\max} et de la segmentation de l'image.

Les étapes E22 et E23 sont suivies de l'étape E24 qui détermine le nombre de coefficients à inverser par région. En supposant qu'un bit soit inséré dans N régions, alors le nombre de coefficients à inverser par région est $X = X_b/N$.

L'étape suivante E25 est l'inversion de X coefficients par région de la première séquence W_w . Ces X coefficients sont sélectionnés aléatoirement.

En variante, la sélection des coefficients à inverser n'est pas aléatoire, mais est déterministe et dépend par exemple de la valeur des pixels de l'image.

Le résultat de l'étape E25 est la seconde séquence W .

L'étape E5 d'estimation de capacité est détaillée en référence à la figure 8 sous la forme d'un algorithme comportant des étapes E50 à E57.

L'étape E50 est une initialisation pour considérer la capacité maximale C_{\max} comme capacité initiale. Les capacités vont être considérées successivement, par ordre décroissant, jusqu'à la capacité estimée de l'image.

L'étape suivante E51 est la sélection d'un premier bit inséré, dans un message de longueur courante C . Les bits vont être considérés successivement. Il est à noter que le message considéré est composé de « 1 », puisque l'on considère dans la suite l'image dans laquelle la seconde séquence W a été insérée à l'étape E3.

Le bit courant correspond à des régions dans l'image. En effet, comme on l'a vu lors de l'insertion (figures 3 et 4), un bit donné est inséré sur des régions qui dépendent d'une loi d'insertion. Pour chaque capacité testée, la loi d'insertion est appliquée à la seconde séquence pseudo-aléatoire.

En effet, le bit courant correspond également à des régions dans la seconde séquence pseudo aléatoire. Cette seconde séquence a la même taille que l'image, et une région de l'image correspond à une région de la séquence.

L'étape suivante E52 est la sélection des régions de l'image et de la seconde séquence pseudo aléatoire correspondant au bit courant.

L'étape suivante E53 est un calcul de corrélation entre les régions de l'image dans laquelle la seconde séquence a été insérée et les régions de la seconde séquence pseudo aléatoire sélectionnées à l'étape précédente.

L'étape suivante E54 est un test sur le signe du résultat de la corrélation précédente.

Si la corrélation est négative à l'étape E54, cela signifie que la détection du bit n'est pas correcte. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de tester d'autres bits. L'étape E54 est alors suivie de l'étape E55 pour considérer une capacité diminuée de une unité. L'étape E55 est suivie de l'étape E51 précédemment décrite.

Si la corrélation est positive à l'étape E54, cela signifie que la détection du bit est correcte. Dans ce cas, l'étape E54 est suivie de l'étape E56 qui est un test pour déterminer si les C bits ont été testés.

Si la réponse est négative, alors cette étape est suivie de l'étape E57 à laquelle un bit suivant est considéré. L'étape E57 est suivie de l'étape E51 précédemment décrite.

Si la réponse est positive à l'étape E56, cela signifie que la capacité courante C est la plus grande pour laquelle un message est détecté de manière correcte. La capacité de l'image a ainsi été estimée.

Il a été considéré ici qu'un message est correctement détecté si tous ses bits le sont. En variante, il est possible de considérer qu'un message est correctement détecté si seulement une proportion prédéterminée de ce message l'est, par exemple 90% des bits.

Un second mode de réalisation de l'étape E5 d'estimation de capacité est détaillé en référence à la **figure 9** sous la forme d'un algorithme comportant des étapes E500 à E502.

Ce mode de réalisation permet de mieux approcher la capacité que dans le mode de réalisation précédent, qui sous-estime la capacité C dans le cas où celle-ci est inférieure à la valeur C_{\max} . Il est à noter que les temps de calcul sont ici supérieurs à ceux du premier mode de réalisation.

L'étape E500 est une initialisation à laquelle la valeur C_{\max} est initialisée à la valeur C_{init} .

L'étape suivante est l'étape E50 précédemment décrite. Elle est suivie des étapes E51 à E57 précédemment décrites.

Lorsque la réponse est positive à l'étape E56, alors cette étape est suivie de l'étape E501 qui est un test de convergence. L'étape E501 teste si la valeur de C est proche de la valeur de C_{\max} , tout en étant différente de cette valeur.

Si la réponse est négative, alors cette étape est suivie de l'étape E502 à laquelle une nouvelle valeur de C_{\max} est calculée. Par exemple, la nouvelle valeur de C_{\max} est : $(C_{\max} + C)/2$ si la valeur de C est différente de celle de C_{\max} . Dans le cas où les valeurs de C et C_{\max} sont égales, alors la nouvelle valeur de C_{\max} est : $C_{\max} = (C_{\max} + C_{1_{\max}})/2$, avec $C_{1_{\max}}$ qui est la dernière valeur de C_{\max} pour laquelle la capacité calculée C était inférieure à C_{\max} . Ainsi, les calculs convergent par dichotomie vers la valeur optimale de C_{\max} .

L'étape E502 est suivie de l'étape E50 précédemment décrite.

Lorsque la réponse est positive à l'étape E501, alors la capacité C est déterminée.

Ce mode de réalisation permet de trouver une capacité C qui est
5 proche de la valeur C_{\max} , ce qui réduit la sous-estimation de la capacité.

Bien entendu, la présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés, mais englobe, bien au contraire, toute variante à la portée de l'homme du métier.

10 Notamment, on a considéré la plus mauvaise séquence. De manière analogue, on peut considérer la meilleure séquence.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :
- calcul (E1) d'une première séquence pseudo-aléatoire (W_w) en
 - 10 fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,
 - calcul (E2) d'une seconde séquence pseudo-aléatoire (W) en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,
 - insertion (E3) de la seconde séquence (W) dans le signal
 - 15 numérique,
 - estimation (E5) de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.
- 20 2. Procédé d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :
- calcul (E1) d'une première séquence pseudo-aléatoire (W_w) en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence
 - 25 avec des données représentatives du signal,
 - calcul (E2) d'une seconde séquence pseudo-aléatoire (W) en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,
 - insertion (E3) de la seconde séquence dans le signal numérique,
 - application (E4) d'une distorsion sur le signal numérique dans
 - 30 lequel la seconde séquence a été insérée,
 - estimation (E5) de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le critère sur une mesure de corrélation est que la valeur de la corrélation de la première séquence (W_w) avec les données représentatives du signal est négative et de valeur absolue la plus grande possible.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le critère sur une mesure de corrélation est que la valeur de la corrélation de la première séquence avec les données représentatives du signal est positive et de valeur absolue la plus grande possible.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le calcul de la première séquence comporte, pour chaque coefficient de la première séquence, les étapes de :

- comparaison (E14) de la valeur d'un coefficient représentatif du signal numérique avec une valeur de comparaison,
- détermination (E15, E16) de la valeur binaire du coefficient de la première séquence en fonction du résultat de la comparaison.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que, pour chaque coefficient représentatif du signal numérique, la valeur de comparaison est une moyenne calculée sur une région contenant ledit coefficient.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'au moins une partie du signal est filtrée par un filtrage passe-haut préalablement au calcul de la première séquence.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le calcul de la seconde séquence comporte les étapes de :

- détermination (E22) d'un nombre (X_b) de coefficients à inverser dans la première séquence, en fonction de la probabilité d'erreur,

- inversion du nombre précédemment déterminé de coefficients de la première séquence (W_w) pour former la seconde séquence (W).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'estimation de capacité (C) comporte les étapes de :

- calcul (E53) d'une mesure de corrélation entre la seconde séquence (W) et le signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée selon une loi d'insertion prédéterminée,
- détermination de la longueur maximale (C) d'un message correspondant à une détection correcte de ce message, inséré dans le signal numérique par modulation de la seconde séquence et selon la loi d'insertion prédéterminée, en fonction d'un critère sur la corrélation.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le critère sur la corrélation est qu'elle correspond à une détection correcte (E54) d'une proportion prédéterminée des coefficients du message inséré.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que les étapes de l'estimation de capacité sont réitérées depuis une capacité maximale (C_{max}) jusqu'à une capacité estimée (C).

12. Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que les étapes de l'estimation de capacité sont réitérées depuis une capacité maximale jusqu'à une capacité estimée, et en ce que la capacité maximale est modifiée (E502) jusqu'à convergence (E501) entre la capacité maximale et la capacité estimée.

13. Dispositif d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens de calcul (2) d'une première séquence pseudo-aléatoire (W_w) en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,
- des moyens de calcul (3) d'une seconde séquence pseudo-aléatoire (W) en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,
- 5. - des moyens d'insertion (4) de la seconde séquence (W) dans le signal numérique,
- des moyens d'estimation (6) de la capacité du signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée.

10

14. Dispositif d'estimation de capacité d'un signal numérique pour l'insertion d'un message, en fonction d'une probabilité d'erreur prédéterminée sur la détection d'un message quelconque de longueur égale à la capacité, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 15. - des moyens de calcul (2) d'une première séquence pseudo-aléatoire (W_w) en fonction d'un critère sur une mesure de corrélation de cette première séquence avec des données représentatives du signal,
- des moyens de calcul (3) d'une seconde séquence pseudo-aléatoire (W) en fonction de la première séquence et de la probabilité d'erreur,
- 20. - des moyens d'insertion (4) de la seconde séquence dans le signal numérique,
- des moyens d'application (5) d'une distorsion sur le signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée,
- des moyens d'estimation (6) de la capacité du signal numérique
- 25. dans lequel la seconde séquence a été insérée.

15. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il est adapté à mettre en œuvre un critère sur une mesure de corrélation qui est que la valeur de la corrélation de la première séquence (W_w) avec les données
30. représentatives du signal est négative et de valeur absolue la plus grande possible.

16. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il est adapté à mettre en œuvre un critère sur une mesure de corrélation qui est que la valeur de la corrélation de la première séquence avec les données représentatives du signal est positive et de valeur absolue la plus grande possible.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que les moyens de calcul de la première séquence comportent :

- des moyens de comparaison, pour chaque coefficient de la première séquence, de la valeur d'un coefficient représentatif du signal numérique avec une valeur de comparaison,
- des moyens de détermination de la valeur binaire du coefficient de la première séquence en fonction du résultat de la comparaison.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il est adapté à mettre en œuvre, pour chaque coefficient représentatif du signal numérique, une valeur de comparaison qui est une moyenne calculée sur une région contenant ledit coefficient.

19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de filtrage d'au moins une partie du signal par un filtrage passe-haut, préalablement au calcul de la première séquence.

20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 19, caractérisé en ce que les moyens de calcul de la seconde séquence comportent :

- des moyens de détermination d'un nombre (X_b) de coefficients à inverser dans la première séquence, en fonction de la probabilité d'erreur,

- des moyens d'inversion du nombre précédemment déterminé de coefficients de la première séquence (W_w) pour former la seconde séquence (W).

5 21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 20, caractérisé en ce que les moyens d'estimation de capacité (C) comportent :

- des moyens de calcul d'une mesure de corrélation entre la seconde séquence (W) et le signal numérique dans lequel la seconde séquence a été insérée selon une loi d'insertion prédéterminée,

10 - des moyens de détermination de la longueur maximale (C) d'un message correspondant à une détection correcte de ce message, inséré dans le signal numérique par modulation de la seconde séquence et selon la loi d'insertion prédéterminée, en fonction d'un critère sur la corrélation.

15 22. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il est adapté à mettre en œuvre un critère sur la corrélation qui est qu'elle correspond à une détection correcte d'une proportion prédéterminée des coefficients du message inséré.

20 23. Dispositif selon la revendication 21 ou 22, caractérisé en ce que le fonctionnement des moyens d'estimation de capacité est réitéré depuis une capacité maximale (C_{max}) jusqu'à une capacité estimée (C).

25 24. Dispositif selon la revendication 21 ou 22, caractérisé en ce que le fonctionnement des moyens d'estimation de capacité est réitéré depuis une capacité maximale jusqu'à une capacité estimée, et en ce qu'il est adapté à modifier la capacité maximale jusqu'à convergence entre la capacité maximale et la capacité estimée.

30 25. Dispositif d'insertion selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que les moyens de calcul, insertion et estimation sont incorporés dans :

- un microprocesseur (100),
- une mémoire morte (102) comportant un programme pour traiter les données, et
- une mémoire vive (103) comportant des registres adaptés à enregistrer des variables modifiées au cours de l'exécution dudit programme.

26. Appareil de traitement (10) d'une image numérique, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

10

27. Appareil de traitement (10) d'une image numérique, caractérisé en ce qu'il comporte le dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 à 25.

15

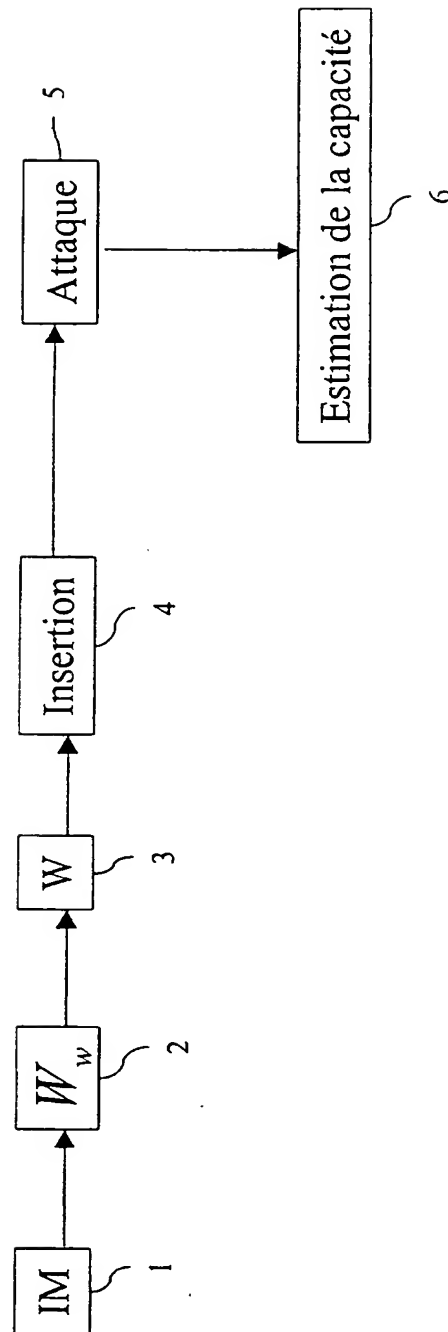
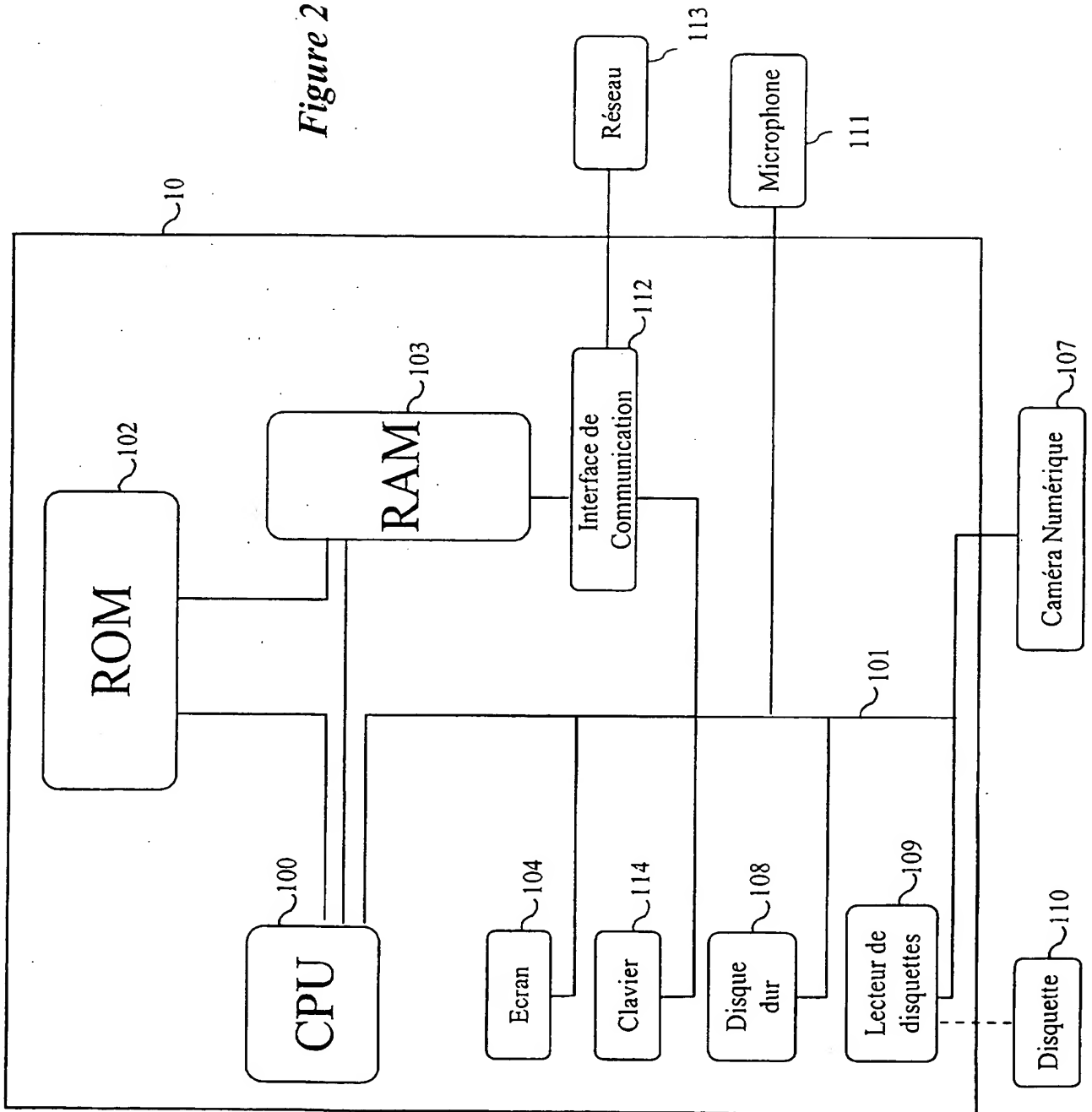
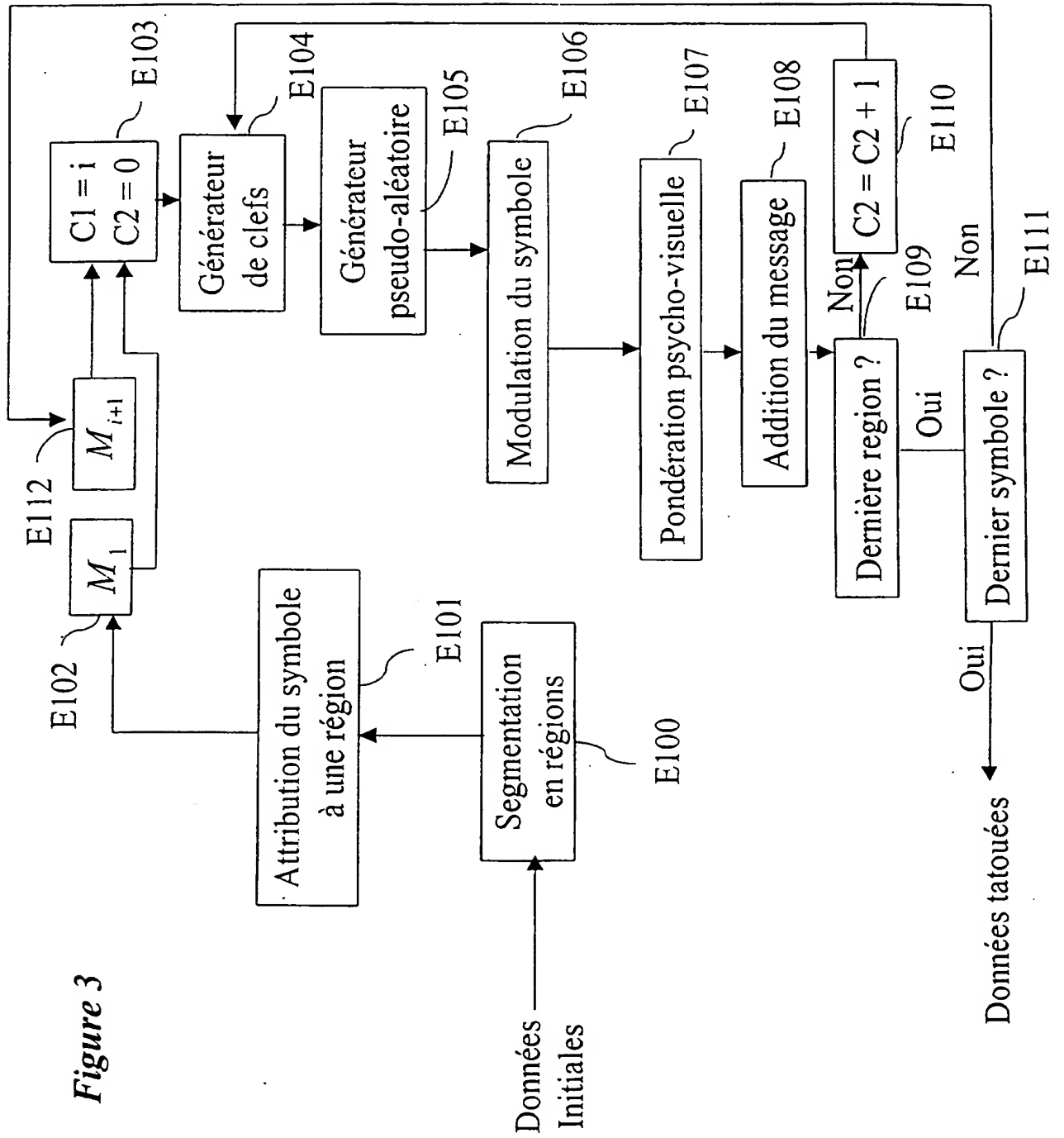
*Figure 1*

Figure 2





b_0 R1	b_1 R2	b_2 R3	b_0 R4
b_1 R5	b_2 R6	b_0 R7	b_1 R8

Figure 4

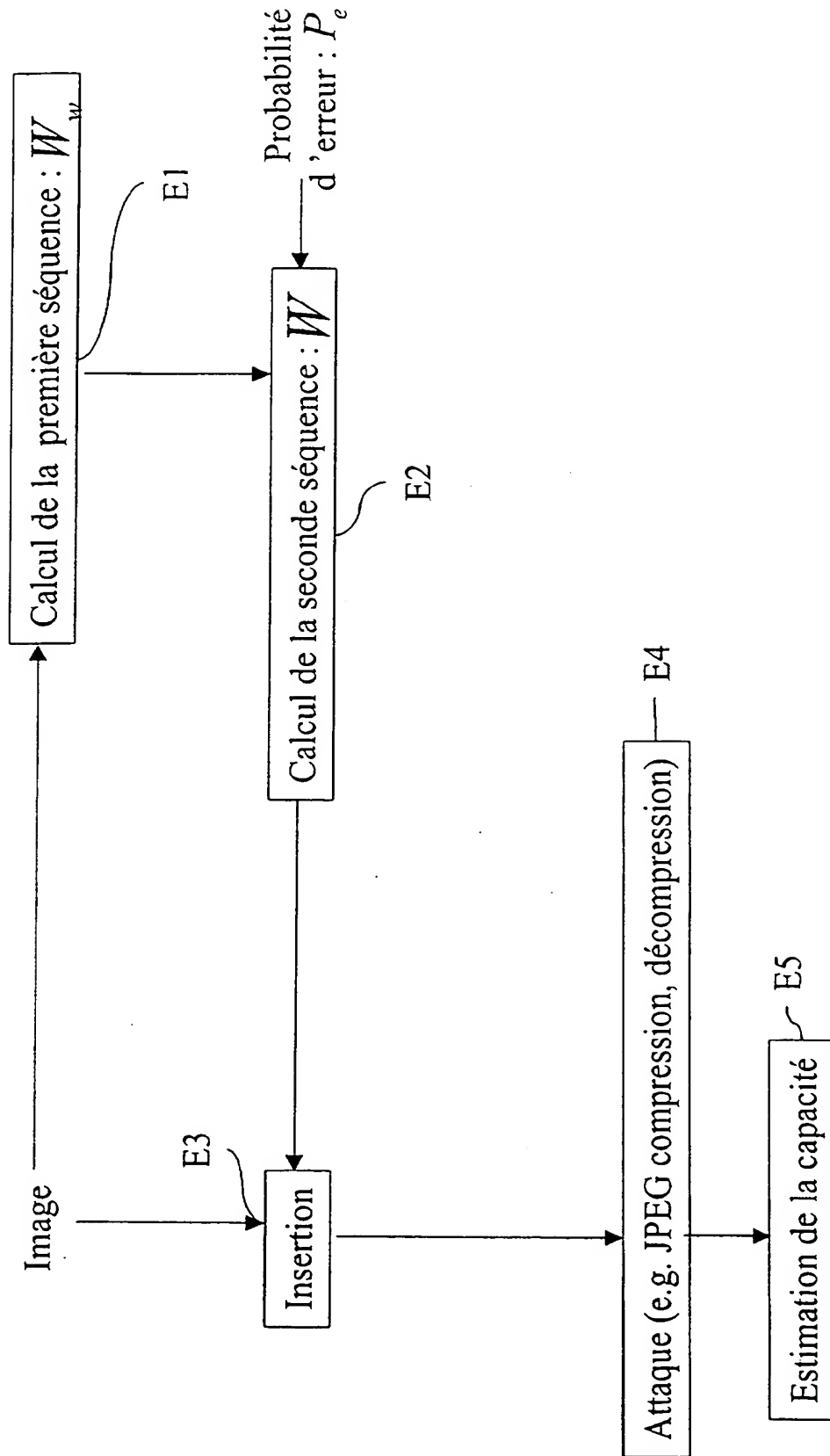
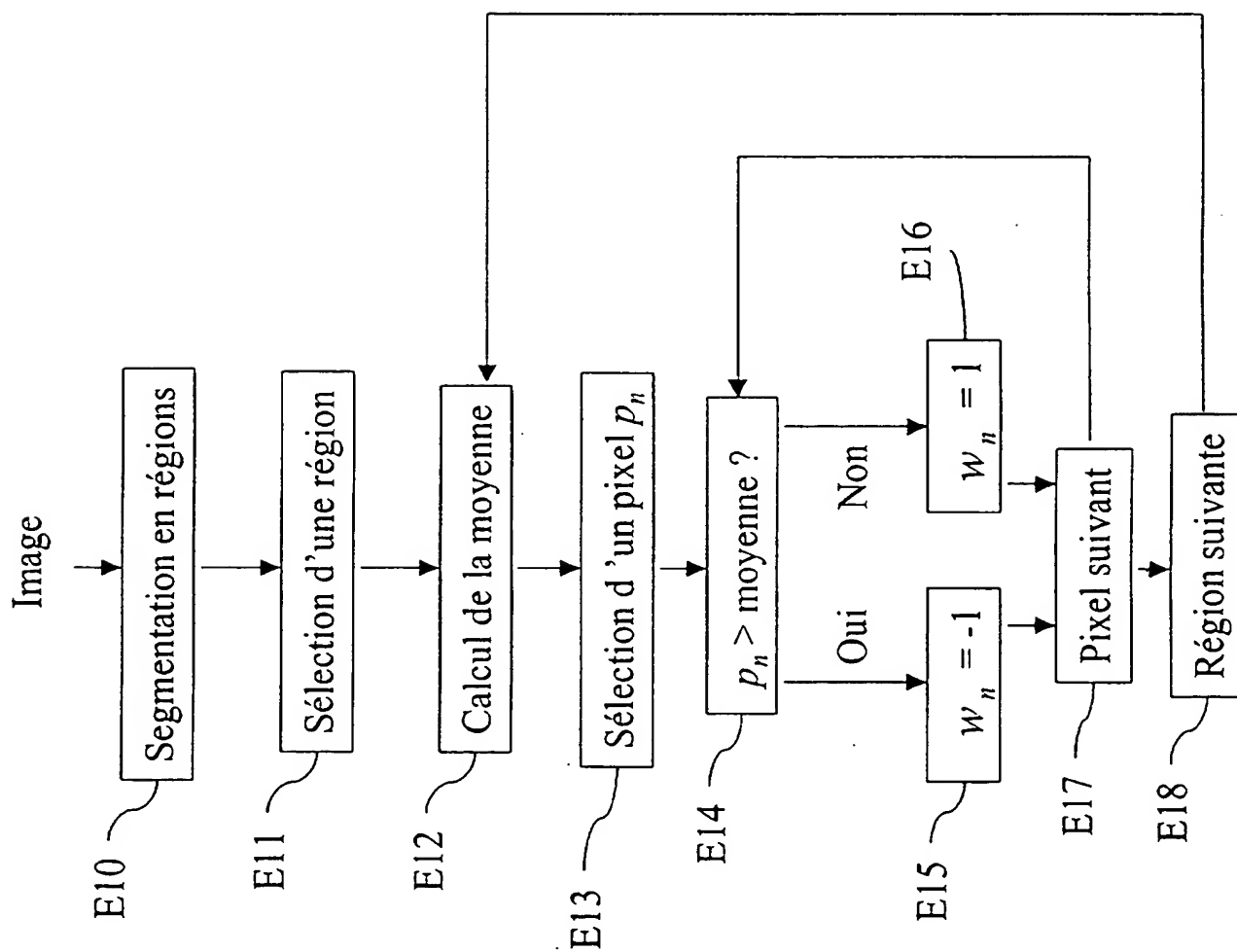
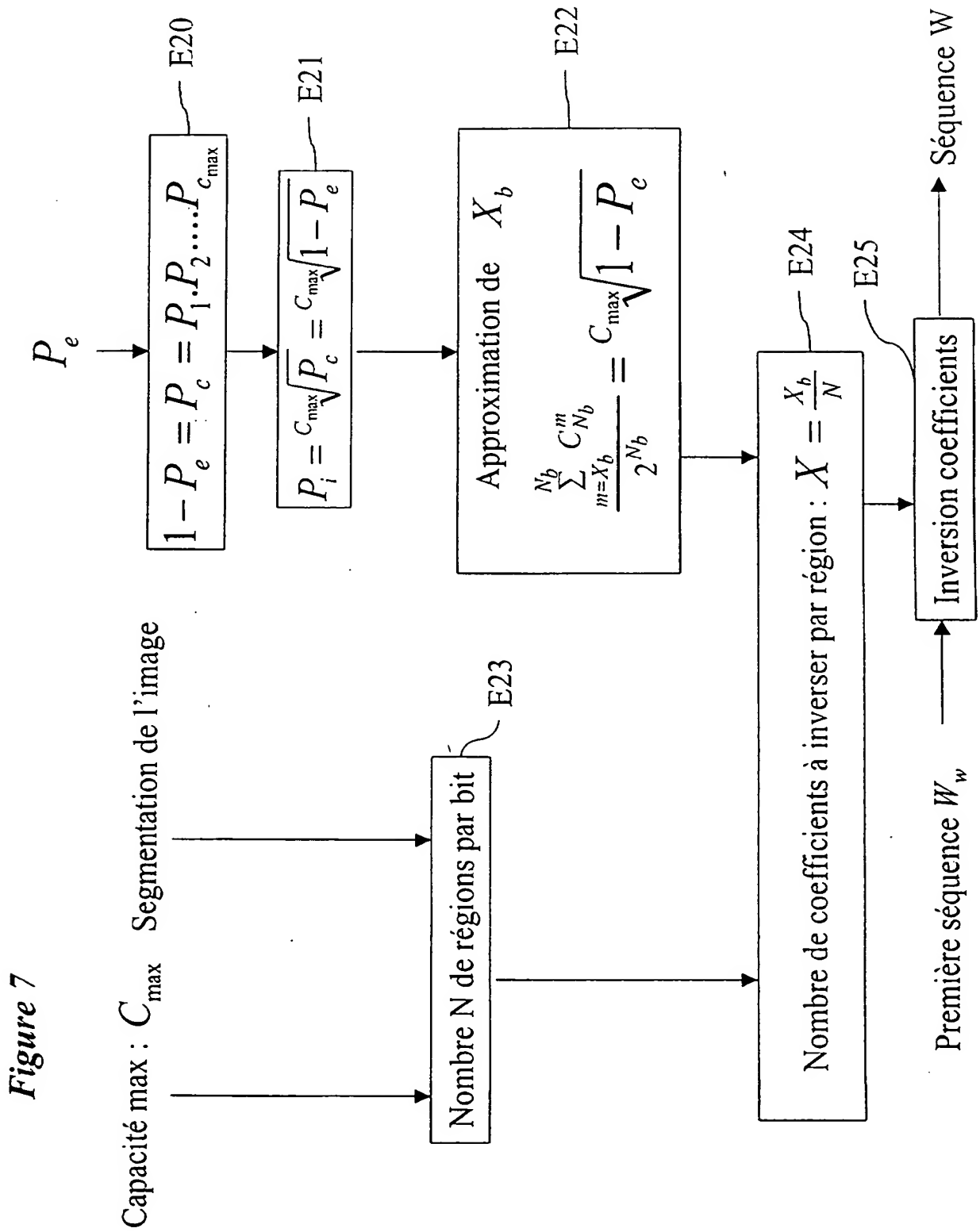
*Figure 5*

Figure 6





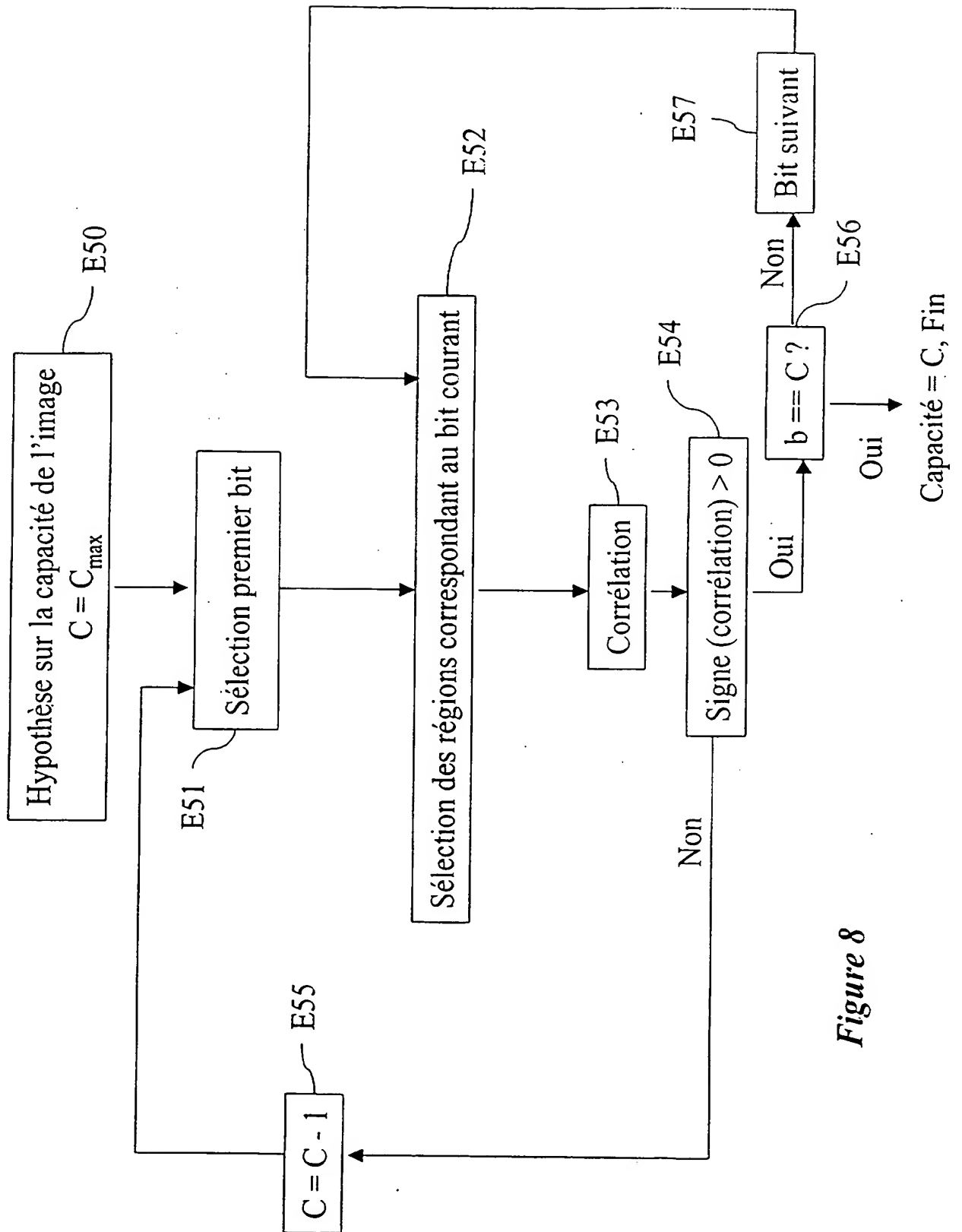


Figure 8

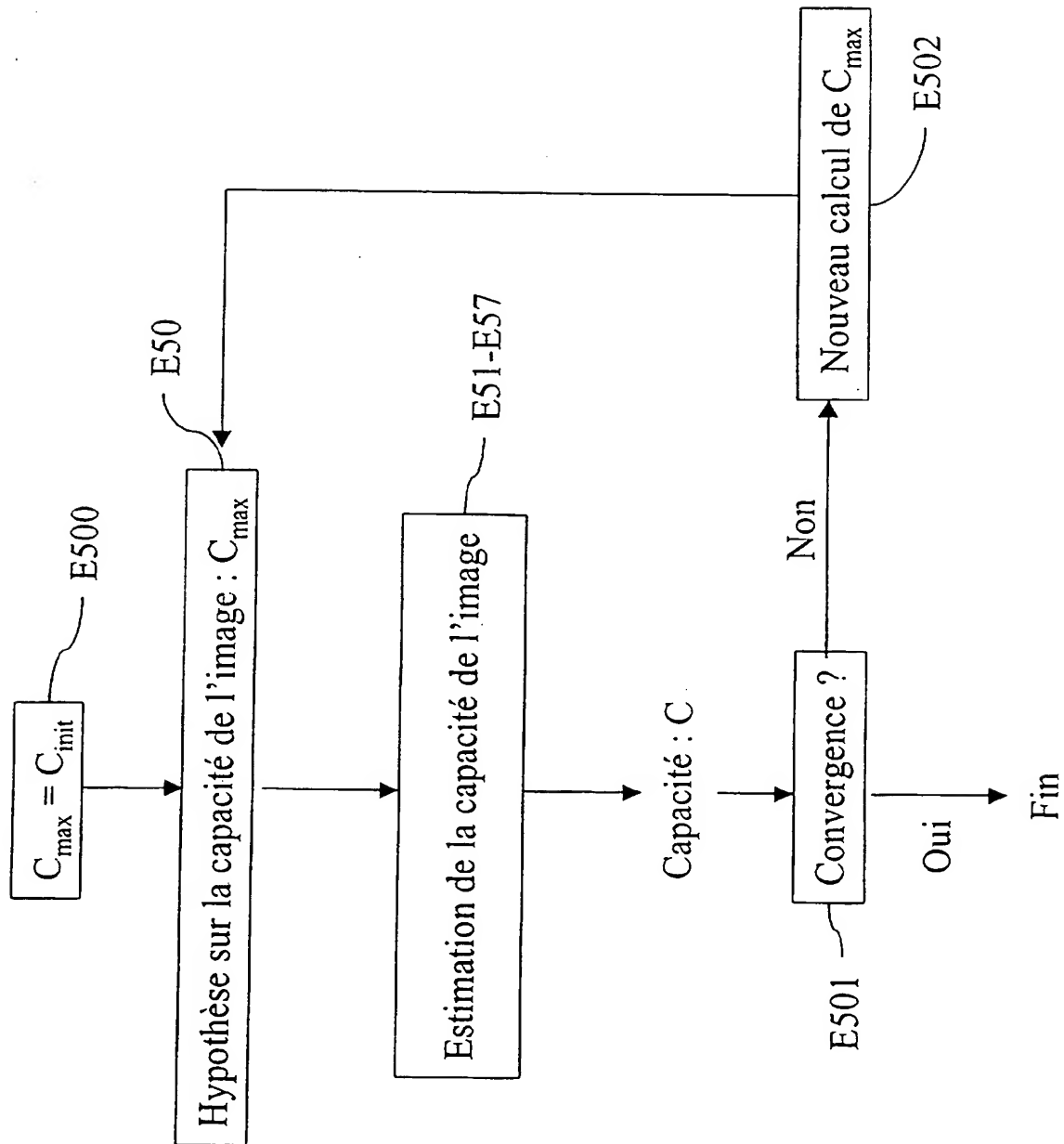


Figure 9



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

2820928

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 599278
FR 0102082

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,A	BARNI M ET AL: "CAPACITY OF THE WATERMARK-CHANNEL: HOW MANY BITS CAN BE HIDDEN WITHIN A DIGITAL IMAGE?" PROCEEDINGS OF THE SPIE, SPIE, BELLINGHAM, VA, US, vol. 3657, janvier 1999 (1999-01), pages 437-448, XP000961851 * le document en entier *	1,2,13, 14	H04N7/30 H04N7/08
A	EP 1 043 687 A (CANON KK) 11 octobre 2000 (2000-10-11) * abrégé *	1,2,13, 14,25	
D,A	FR 2 792 153 A (CANON KK) 13 octobre 2000 (2000-10-13) * abrégé *	1,2,13, 14,25	
A	PODILCHUK C ET AL: "PERCEPTUAL WATERMARKING OF STILL IMAGES" IEEE WORKSHOP ON MULTIMEDIA SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS OF SIGNAL PROCESSING SOCIETY WORKSHOP ON MULTIMEDIA SIGNAL PROCESSING, XX, XX, 23 juin 1997 (1997-06-23), pages 363-368, XP000199954 * le document en entier *	1,2,13, 14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			H04N G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 novembre 2001		Hazel, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

2820928

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0102082 FA 599278**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 06-11-2001
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1043687 A	11-10-2000	FR 2792152 A1	13-10-2000
		FR 2792153 A1	13-10-2000
		FR 2795585 A1	29-12-2000
		EP 1043687 A1	11-10-2000
		JP 2000350014 A	15-12-2000
FR 2792153 A	13-10-2000	FR 2792153 A1	13-10-2000
		EP 1043687 A1	11-10-2000
		JP 2000350014 A	15-12-2000

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.